

PAT-NO: JP406221932A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 06221932 A

TITLE: FIBER TEMPERATURE DISTRIBUTION SENSOR

PUBN-DATE: August 12, 1994

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

MATSUDA, YOSHIKAZU

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE

N/A

APPL-NO: JP05029812

APPL-DATE: January 26, 1993

INT-CL (IPC): G01K011/12, G02B006/00

US-CL-CURRENT: 374/117

ABSTRACT:

PURPOSE: To provide a fiber temperature distribution sensor with an S/N ratio improved by enabling the obtaining a larger photodetecting level without

impairing detection distance revolutions with the elimination of possible induced Raman scattering.

CONSTITUTION: In a fiber temperature distribution sensor utilizing dependence on temperature of Raman scattered light to be generated in an optical fiber, a fiber 1 in which a plurality of independent cores 2 made to propagate light wave are arranged in parallel in proximity to one another is used and Raman scattered light generated in the individual cores 2 is received with one common photo detectors 3. The fiber 1 herein used is a multicore fiber provided with cores in plurality within a common clad 8, a fiber having a plurality of concentric ring-shaped cores or a fiber bundle in which a plurality of fibers each having one core in one clad are bundled.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-221932

(43)公開日 平成6年(1994)8月12日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 K 11/12	F	9107-2F		
G 0 2 B 6/00		6920-2K	G 0 2 B 6/ 00	B

審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 4 頁)

(21)出願番号 特願平5-29812

(22)出願日 平成5年(1993)1月26日

(71)出願人 000005290

古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(72)発明者 松田 美一

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

河電気工業株式会社内

(74)代理人 弁理士 小林 正治

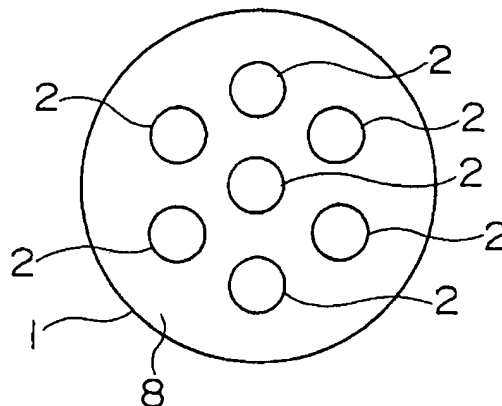
(54)【発明の名称】 ファイバ温度分布センサ

(57)【要約】

【目的】 誘導ラマン散乱が発生せず、検知距離分解能が損なわれず、大きな受光レベルが得られ、SNを改善したファイバ温度分布センサを提供する。

【構成】 光ファイバに発生するラマン散乱光の温度依存性を利用するファイバ温度分布センサにおいて、ファイバ1として光波が伝搬する複数の独立したコア2を近接して並列に設け多ものを使用し、各々のコア2に発生するラマン散乱光を共通の一つの受光器3で受光するようにした。また、ファイバ1として共通のクラッド8内にコアを複数設けたマルチコアファイバ、同心円状のリング形コアを複数持つファイバ、一つのクラッド内の一つのコアを持つファイバを複数本束ねたファイバ束を使用するようにした。

【効果】



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ファイバ1のコア2に発生するラマン散乱光の温度依存性を利用するファイバ温度分布センサにおいて、ファイバ1として光が伝搬する複数の独立したコア2を近接して並列に設けたものを使用し、各々のコア2に発生するラマン散乱光を共通の一つの受光器3で受光することを特徴とするファイバ温度分布センサ。

【請求項2】 請求項1の光ファイバ1が共通のクラッド8内に複数のコア2を設けたマルチコアファイバであることを特徴とする請求項1のファイバ温度分布センサ。

【請求項3】 請求項1のファイバ1が同心円状のリング形コア2を複数持つファイバであることを特徴とする請求項1のファイバ温度分布センサ。

【請求項4】 請求項1のファイバ1が一つのクラッド内に一つのコア2を持つファイバを複数本束ねたファイバ束であることを特徴とする請求項1のファイバ温度分布センサ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は光ファイバ中に発生するラマン散乱光の強さが温度に依存することを利用して、ファイバの長手方向に沿った温度分布を測定するファイバ温度分布センサに関するものであり、電力ケーブル、送風及び排気ダクト、石油化学プラントの設備あるいは配管、及びLNG輸送船などにおける異常な温度上昇あるいは温度効果の広域監視に利用されるものである。

## 【0002】

$$Pr \propto P_o \cdot \eta_r \cdot \exp[-(\alpha_r + \alpha)z] \cdot W \quad (1)$$

ただし、 $P_o$  = 入射光パワ

$\eta_r$  = ラマン光への変換係数

$\alpha_r$  = ファイバのラマン光の波長における伝送損失

$\alpha$  = ファイバの入射光の波長における伝送損失

$W$  = 入射光パルスの幅

物理的にはラマン係数が温度に依存する量である。

【0006】この信号光がAPD（アバランシェフォトダイオード）などの光検出素子によって電気信号に変換※

信号電力

$$SN = \frac{\text{信号電力}}{(\text{ショット雑音電力}) + (\text{熱雑音電力})} \quad (2)$$

信号電力は前記(1)式で表されるラマン散乱光の光パワPrと光/電気変換係数Sの積に依存する量であり、このS・Prが大きくなるほど信号電力は大きくなる。

【0008】熱雑音は光信号の大きさに依存しない検出器の固有の量である。ショット雑音は光信号の大きさに依存する量であるが、信号電力/ショット雑音の比は光信号の大きさが大きくなるほど大になる。信号電力と雑音電力はこのようなふまきをするので、信号光の大きさが大きければ大きいほどSNは改善される。光信号の受光レベルを大きくするには次の方法が考えられる。 ★50

2

\*【従来の技術】光ファイバ中を光が伝搬するとき、ファイバ中で光の散乱が生じる。散乱光には入射した光と同じ波長のレーリ散乱光と呼ばれる散乱光の他に、入射光とは異なる波長の散乱光が含まれる。波長の短い散乱光は反ストークス光、波長の長い散乱光はストーク光と呼ばれている。

【0003】前記の入射光と波長の異なる散乱光は物質のいろいろなメカニズムによって発生する。物質を構成する原子は熱振動（格子振動）を行っている。この格子振動と光が相互に作用することにより、入射した光の波長とは異なった波長の光が発生する。いろいろなモードで振動する格子振動のうち、光学形格子振動と呼ばれる原子の振動によって光が散乱される現象をラマン散乱と呼んでいる。このラマン散乱は格子の熱振動によって光が散乱するので、光の散乱強度は温度に依存することになる。

【0004】光ファイバに発生するラマン散乱を利用する温度分布センサの基本的な原理は以下の通りである。光ファイバにパルス光を入射すると、そのパルス光は前述のレーリ散乱およびラマン散乱を受けながら光ファイバ中を伝搬する。入射端から距離zの箇所において散乱され、再び入射端に戻ってくる後方散乱光から、光学的な波長フィルタ等の手段によって温度情報を含んでいるラマン散乱光の波長成分が抽出される。このとき抽出されるラマン散乱光の光パワPrは次式のように表される。

## 【0005】

30※され、その電気信号にて増幅、平均化処理、温度換算、パルス光が往復する遅延時間の算出などの処理が施され、ファイバの長手方向に沿った温度分布が計測される。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】SN比は次式のように光検出器に発生する雑音（ショット雑音と熱雑音との和）Nに対する信号Sとの比で決められる。

- ★【0009】a. 前記の入射光パワPoを大きくする。
- b. 前記の変換係数 $\eta_r$ が大きい材料を使う。
- c. 前記の伝送損失 $\alpha$ 及び $\alpha_r$ の小さい光ファイバを使う。
- d. 前記のパルス幅Wを大きくする。

これらのうち、aおよびbの方法は次の理由で制約を受ける。即ち、誘導ラマン散乱が生じる光パワの臨界値Pcは次式のように表されるため、入射光パワPoがその臨界値Pcより大きくなると光ファイバ全長にわたる非線形効果である誘導ラマン散乱が生じ、局所的な温度変

化を検知できなくなる。変換係数 $\kappa r$ をいたずらに大きくすると $G r$ も大きくなり、臨界値 $P_c$ を下げることに\*

\*なる。

$$P_c = \frac{16A}{Gr \cdot L}$$

(3)

ここで、 $A$ はスポットサイズ、 $G r$ はラマンゲイン、 $L$ はファイバ長。

【0010】また、前記cの方法で使用する光ファイバには、伝送損失の低いファイバ構造であるシングルモードファイバが適するが、シングルモードファイバではス

10 ポットサイズ $A$ が小さいので臨界値 $P_c$ が下がるという問題がある。

【0011】前記dの方法は距離分解能が悪くなるという問題がある。即ち、パルスの時間的な幅は光ファイバ中ではある長さに広がった光パルスとして伝搬していることに相当する。このためパルス幅をいたずらに広げると局所的な温度検知に不向きになるという問題がある。

【0012】このように、誘導ラマン散乱を発生させないで且つ所要の検知距離分解能を得るという制約のもとで、光信号のレベルを上げる、即ち、 $S/N$ を上げるには 20 限界がある。また、通常の光ファイバによる温度計測においては、ラマン散乱信号は非常に微弱で、信号電力は雑音電力より小さい。このため従来は雑音の中から信号を抽出し、温度計測を可能ならしめるために、通常は適切なアベレージングの処理が行われ、 $S/N$ の改善が施されている。しかし、この方法ではアベレージングに要する処理時間のため温度検知の応答が遅くなるという問題がある。

【0013】本発明はこのような誘導ラマン散乱が発生 30 しない条件のもとで、検知距離分解能を損なわずに大きな受光レベルを実現し、 $S/N$ を改善したファイバ温度分布センサを提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】本願発明のうち請求項1のファイバ温度分布センサは、光ファイバに発生するラマン散乱光の温度依存性を利用するファイバ温度分布センサにおいて、ファイバ1として光が伝搬する複数の独立したコア2を近接して並列に設けたものを使用し、各々のコア2に発生するラマン散乱光を共通の一つの受光器3で受光することを特徴とするものである。

【0015】本願発明のうち請求項2のファイバ温度分布センサは、請求項1のファイバ1が共通のクラッド8内にコア2を複数設けたマルチコアファイバであることを特徴とするものである。

【0016】本願発明のうち請求項3のファイバ温度分布センサは、請求項1のファイバ1が同心円状のリング形コア2を複数持つファイバであることを特徴とするものである。

【0017】本願発明のうち請求項4のファイバ温度分布センサは、請求項1のファイバ1が一つのクラッド内※50

※に一つのコア2を持つファイバを複数本束ねたファイバ束であることを特徴とするものである。

【0018】

【作用】本願発明のファイバ温度分布センサでは、光ファイバ1の各々のコア2に前記の誘導ラマン散乱が生じない強さの光を入射すると、各々のコア2の入射端には自然ラマン散乱光が戻ってくる。各々のコア2から取出される自然ラマン散乱光を適切な光学装置で一つの共通の受光器3に集光すれば、コア2が一つの場合に比べて受光レベルは7倍となるため雑音に対する比率( $S/N$ )が向上する。

【0019】

【実施例1】本発明のファイバ温度分布センサの基本的な構成原理を図1に示す。図1の1は光ファイバであり、これは複数本のコア2が共通のクラッド8の内部に配置されてなる。この各々のコア2は独立に光波を伝搬させる機能を有し、互いに光学的な結合、即ち、光エネルギーのやり取りがないものである。

【0020】図1の光ファイバ1は図2の様に他の機器と組合わせて使用される。図2の5は光源であり、これには例えばLD或はLD励起の固体レーザなどが使用される。

【0021】図2の4は適切に構成された入出射用の光学装置である。ここでは動作の原理を説明し易くするためレンズ4a、4b及び4c、光分岐結合器4dにより構成してある。レンズ4aは光源5から出た光を平行光束にするためのものであり、レンズ4bは平行光束をファイバ1の各コア2の端面に集光すると共に各コア2の端面から出射される後方散乱光を平行光束にするものでもある。光分岐結合器4dは光源5から出た光をファイバ1の方向に通過させ、ファイバ1から出た後方散乱光を受光器3の方向に反射するものである。レンズ4cは光分岐結合器4dにより反射された後方散乱光を受光器3に集光するためのものである。

40 【0022】図2の受光器3は後方散乱光に含まれる波長の異なるストークス光と反ストークス光を弁別するフィルタ及びAPDのような受光素子などから構成される。

【0023】図2の7は信号処理装置であり、これは光源5を駆動する駆動回路、受光器3から出力される電気信号を処理する回路、例えば増幅器、アベレージング回路などから構成されており、また、ファイバ1に沿った温度分布を出力する機能を有する。

【0024】図2の光学系において、光源5から出た光はファイバ1の各々のコア2に分割されて入射される。

各々のコア2に対する光の入射効率は必ずしも最適に構成されているとは限らない。しかしながら、通常、光源5の発光強度は一つのコアにのみに入射すると誘導ラマン散乱を生じる程度の強さであるため、機能上問題となることはない。

【0025】図2のファイバ1からの後方散乱光はレンズ4cによって一つの受光器3の受光面に集光される。すなわち、コア2から個別に出射された光は共通の受光器3の受光面に集光されるので、集光される光の強さはコア2が一本の場合に比べて加算されることになる。一方、熱雑音など受光器(受光素子)3に固有の雑音の大きさは変わらないためSN比が向上する。

【0026】

【実施例2】本発明のファイバ温度分布センサでは、光ファイバ1としてコアを同心円状に複数設けたものを使用することもできる。これによってもSN比が改善される。この光ファイバ1の場合はファイバが何らかの事故で破断した場合接続に適性がある。

【0027】

【実施例2】本発明のファイバ温度分布センサでは、光ファイバ1として単一のファイバを複数本束ねたものを使用することもできる。この場合、マルチコアファイバに比べてコアの占積率(単位断面積あたりに占めるコアの面積)が劣るので、光の入射効率がマルチコアに比べて劣る(SN比の改善が少ない)欠点がある。この欠点を改善する方法として、複数の光源を用いて、各ファイバに独立に光を入射することが有効であった。

【0028】

【発明の効果】本発明のファイバ温度分布センサは次の様な効果がある。

①. 光が分割されて各々のコア2により伝搬されるので、高出力な光を減衰器などでわざわざ減衰させずにそのまま各々のコア2に入力させても、温度測定に支障となる誘導ラマン散乱が発生しない。

②. 高出力の光源を有効に使用できるので、温度情報を含む信号光の受光レベルが高くなり、SN比が改善される。

③. SN比が改善されるので温度情報を含む信号光を電気信号に変換して、電気信号で処理するときの処理が容易となる。例えば、増幅器の増幅率を大きくする必要が低減されとか、SNをさらに改善するための平均化の処理時間が短くなるなどの利点もある。

④. 光パルス幅を狭くできるので、局所的な温度変化を検知する距離分解能が向上する。

⑤. 応答の早い高精度の測定が可能となる。

【図面の簡単な説明】

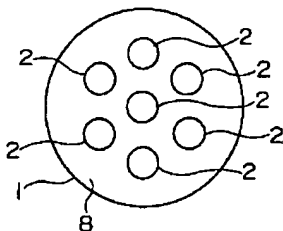
【図1】本発明のファイバ温度分布センサに使用されるマルチコアファイバの断面図。

【図2】本発明のファイバ温度分布センサの使用説明図。

【符号の説明】

- 1 ファイバ
- 2 コア
- 3 受光器

【図1】



【図2】

